



Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**LOGÍSTICA E MEIO AMBIENTE – O CASO DO
ESCOAMENTO DA SOJA DE MATO GROSSO A ROTTERDAM**

Mariana Villela Bin

FLORIANÓPOLIS, SC
JULHO/2008

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**LOGÍSTICA E MEIO AMBIENTE – O CASO DO
ESCOAMENTO DA SOJA DE MATO GROSSO A ROTTERDAM**

Mariana Villela Bin

**Trabalho apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Prof. MSc. Gilson Rodrigo Miranda**

**Co-orientador
Prof.Dr. Manoel Taboada Rodriguez**

**FLORIANÓPOLIS, SC
JULHO/2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**LOGÍSTICA E MEIO AMBIENTE – O CASO DO
ESCOAMENTO DA SOJA DE MATO GROSSO A ROTTERDAM**

MARIANA VILLELA BIN

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental–TCC II**

BANCA EXAMINADORA :

Prof. MSc. Gilson Rodrigo Miranda
(Orientador)

Prof. Dr. Manoel Taboada Rodriguez
(Co-orientador)

Prof. PhD. Henrique de Melo Lisboa
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, SC
JULHO/2008**

RESUMO

O aumento dos níveis de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tem causado sérios problemas ao meio ambiente. A queima de combustíveis fósseis para fins energéticos é tida como grande vilã das emissões. Com o advento do Protocolo de Kyoto, em 1997, grande parte das nações passaram a exigir e legislar metas mais rigorosas para reduções de GEE. Desta forma, as indústrias, pressionadas pelas novas leis e por padrões sócio-ambientais, como um todo e cada uma a sua maneira, estão procurando diminuir suas emissões. Seja por reengenharia de processos, seja por reengenharia de produtos. Neste contexto, a indústria logística (transportes) busca repensar seu nível de serviço e agregar valor ambiental as suas rotas. Este trabalho procura apresentar o conceito de *Green Logistics* e expor as externalidades do ramo de transportes, ainda pouco debatidas. Sob estes aspectos, aborda-se, aqui, um estudo de caso que quantifica e compara - pela metodologia *top-down* utilizada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) - o CO₂ emitidos em cinco canais logísticos, distintos e multimodais, no escoamento de uma safra de soja de Sorriso (MT, Brasil) até Rotterdam (Holanda).

PALAVRAS-CHAVE: Aquecimento global, emissões atmosféricas, CO₂ equivalente, Logística, Valor Ambiental.

SUMÁRIO

1	Introdução	8
1.1	Importância do tema	8
1.2	Objetivos	9
1.3	Organização do trabalho	10
2	A mudança climática	11
2.1	Efeito Estufa e Aquecimento Global	11
2.2	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	15
2.3	Consumo de energia no setor de transportes.....	16
3	Logística e Transportes.....	21
3.1	Logística da soja	23
3.2	Modais logísticos	24
3.3	Metodologias para contabilização das emissões de gases de efeito estufa do setor energético	26
3.3.1	Metodologia <i>top-down</i>	27
3.3.2	Metodologia <i>bottom-up</i>	29
4	O caso do escoamento da soja	30
4.1	Fronteiras	30
4.2	Estudo das rotas	31
4.2.1	Especificações para cada modal aplicado as rotas analisadas	33
4.2.2	Cálculos	34
4.2.3	Comparações com rotas alternativas	35
5	Conclusões.....	37
6	Referências Bibliográficas.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Apresentação do balanço energético com a radiação solar incidente e radiação infravermelha.....	11
Figura 2 Ciclo do carbono.....	12
Figura 3 Comparação entre a temperatura e concentração de CO ₂ na atmosfera durante 400.000 anos antes do ano de 1950.....	13
Figura 4 Estrutura das Emissões de CO ₂ por Setor (em %)......	17
Figura 5 Intensidade Energética dos setores transportes, metalurgia e energética.....	18
Figura 6a Participação de combustíveis líquidos na demanda final de energia em 2004..	19
Figura 6b Participação de combustíveis líquidos na demanda final de energia em 2030..	19
Figura 7 Evolução do consumo final de energia por setor.	20
Figura 9 Evolução do consumo final energético por fonte (tep).	20
Figura 10 Custos de transportes em função da distância percorrida.....	26
Figura 11 Diferentes rotas intermodais de Sorriso (MT) até suas saídas marítimas.....	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Efeitos potenciais das mudanças climáticas.....	14
Tabela 2	Índice de Potencial de Aquecimento Global (GWP).....	16
Tabela 3	Evolução da demanda de combustíveis líquidos por setor (mil tep).	19
Tabela 4	Evolução dos consumos dos diferentes energéticos no Setor de Transportes (10 ³ tep).	21
Tabela 5	Série de cálculo de emissões na Rota 1 via Itacoatiara.....	34
Tabela 6	Série de cálculo de emissões na Rota 2 via Santos.....	34
Tabela 7	Série de cálculo de emissões na Rota 3 via Paranaguá.....	35
Tabela 8	Série de cálculo de emissões na Rota 4 via Santarém rodoviário.....	36
Tabela 9	Série de cálculo de emissões na Rota 5 via Santarém hidroviário.....	36

1 Introdução

1.1 Importância do tema

O aquecimento global¹ é um dos assuntos mais discutidos e questionados atualmente. Suas causas, conseqüências e as maneiras de adaptação e mitigação são amplamente divulgados e estudados.

Dada a escala global do problema, fazem parte destas discussões países industrializados e em desenvolvimento, centros de pesquisas, governos e empresas. Essa tem sido uma oportunidade ímpar para as nações colocarem em debate a sustentabilidade de seus padrões de consumo e desenvolvimento diante do aumento da temperatura na Terra e, conseqüentes, mudanças climáticas. O resultado deste debate procura atribuir responsabilidades aos países, metas de redução de emissão gases de efeito estufa (GEE) e nortear novos padrões de crescimento e consumo.

Em 1997, foi elaborado o Protocolo de Kyoto. Este estabelece metas de redução e prazos para o controle das emissões de GEE, buscando alcançar a estabilização das concentrações desses gases da atmosfera num nível que não interfiram perigosamente no sistema climático. No entanto, o Protocolo ainda não foi ratificado pelos países mais importantes, como os Estados Unidos, Rússia e Austrália – o primeiro é responsável por 30% das emissões mundiais (GORE, 2006).

Devido às controvérsias que atrasam a ratificação do Protocolo, existem iniciativas para que medidas locais sejam tomadas com relação ao aquecimento global, não esperando para que planos e iniciativas nacionais sejam estabelecidos para projetos de captura de carbono e diminuição de emissões.

Somando-se às atitudes políticas a sociedade passa a se comportar de maneira mais ativa com relação ao meio ambiente, principalmente na Europa. As empresas, pressionadas pelos consumidores, já procuram diminuir suas emissões não só em seus processos produtivos, mas, também na matéria prima e no consumo energético de seus produtos acabados. E essa mudança dá-se, não somente por meio de sanções e novas regras, mas, sobretudo, pelo poder da opção de compra.

Neste contexto, o paralelo entre diminuição de emissões e refreamento da economia ainda é muito debatido. Mas, apesar disso, vê-se hoje, que o não investimento em novas tecnologias ditas “limpas” acarreta perdas econômicas, ambientais e sociais em longo prazo. Para as corporações ainda há a perda de imagem institucional e respeito à marca. Desta maneira, os consumidores passaram a procurar um novo valor no produto além de

¹ O conceito de aquecimento global será desenvolvido no capítulo 2 deste trabalho.

qualidade e preço, passaram a procurar responsabilidade sócio-ambiental. Nasce, assim, o valor social e o valor ambiental agregados, pilares da sustentabilidade corporativa.

Diante desta conjuntura, as indústrias têm procurado, cada uma a sua maneira e dependendo do seu tipo de negócio, aumentar a ecoeficiência² de seus processos e produtos. Um grande exemplo são os inventários corporativos de gases de efeito estufa que proporcionam a informação das emissões associadas com as atividades da companhia e ainda os seus esforços de redução ao longo do tempo.

O setor energético é geralmente o mais importante nos inventários de emissão de gases de efeito estufa e 90% das emissões deste setor constituem-se em CO₂. Os meios de transporte contribuem com um quarto das emissões do setor de energia (IPCC, 2006).

O setor de transportes é, entre as fontes de GEE, o que cresce mais rapidamente, muitas vezes numa taxa superior ao produto interno bruto dos países em desenvolvimento (SCHIPPER & MARIE-LILLIU, 1999). De 1990 a 1998, o consumo de energia fóssil (petróleo e gás natural) no transporte rodoviário brasileiro cresceu 61% o que representou uma taxa média de crescimento anual de 6% (MME, 2000).

Diante desta realidade, a indústria do setor de transportes - logística, também procura reavaliar seu nível de serviço. Fazendo parte, portanto, de uma estatística altamente poluente e, no Brasil, tão dependente dos transportes rodoviários - faz-se necessária a busca por novas alternativas. Destes esforços, nasceu na Europa uma nova área de estudos, a Logística Verde (*Green Logistics*) – que procura controlar e minimizar todas as externalidades inerentes à atividade logística.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo geral apresentar a diferença de emissões de GEE em modais³ de larga escala. Para tanto, utilizou-se um estudo de caso comparativo, quanto às emissões de GEE, por meio da quantificação das toneladas de CO₂ equivalente⁴ em 5 canais logísticos distintos e multimodais no escoamento de soja do Mato Grosso para Rotterdam, Holanda.

Como objetivos específicos o trabalho propõe-se a:

² Ecoeficiência é entendida como a combinação de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e proporcionem qualidade de vida, enquanto, progressivamente reduzem o impacto ecológico e a intensidade de uso dos recursos através do ciclo de vida, para um nível, pelo menos, em consonância com a capacidade de carga do planeta Terra.

³ Modal significa modo de transporte, os modais logísticos existentes são: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo e dutoviário.

⁴ CO₂ equivalente é a medida comparativa de como uma determinada quantidade de GEE contribui com o aquecimento global.

- ❖ Apresentar o conceito de *Green Logistics*, assim como oportunidades de melhora ambiental no setor, pouco conhecidas ainda pelos operadores logísticos brasileiros e leigos.
- ❖ Quantificar e comparar as emissões carbônicas dos diferentes canais logísticos⁵, agregando valor ambiental na escolha dos mesmos de modo a gerar possíveis créditos de carbono
- ❖ Sinalizar ao operador logístico as vantagens competitivas e institucionais da mudança de modal e, contribuir para a análise do ciclo de vida dos derivados da soja.

1.3 Organização do trabalho

O documento está dividido em 5 capítulos, índice de tabelas, índice de figuras, referências bibliográficas e anexos.

O capítulo 1 apresenta uma introdução que está dividida nos seguintes sub-itens: Importância do Tema e Organização do Trabalho.

O capítulo 2 discorre sobre o fenômeno do efeito estufa e seus gases constituintes, a problemática do aquecimento global e suas consequências.

O capítulo 3 fornece uma ampla visão sobre logística, *Green Logistics*, logística do agronegócio, vantagens e desvantagens dos diferentes modais. Apresenta também a importância do valor ambiental na tomada de decisões no setor e seus impactos no meio ambiente. Fornece as estatísticas de emissão de gases de efeito estufa dos diferentes modais. E, por fim, explica detalhadamente a metodologia utilizada para a realização dos cálculos das emissões de CO₂ equivalente quando da utilização de combustíveis fósseis.

No capítulo 4, dividido em 4 sub-itens, é realizada, na forma de um estudo de caso, a quantificação e comparação de CO₂ equivalente emitidos no escoamento de uma safra de soja do município de Sorriso, MT, para Rotterdam, Holanda, utilizando-se de 5 rotas distintas e multimodais. Três rotas são comumente usadas para este tipo de transporte e as outras duas inserem-se em projetos de infra-estrutura do governo, ainda a serem implantados.

O capítulo 5 apresenta as conclusões e considerações finais, enquanto anexos apresentam informações adicionais citadas no corpo do trabalho.

⁵ Canais Logísticos constituem-se em rotas de transporte comumente usadas para a distribuição ou aquisição de produtos, insumos e commodities. Estas são, normalmente, utilizadas em larga escala e podem ser constituídas por mais de um meio de transporte

2 A mudança climática

2.1 Efeito Estufa e Aquecimento Global

A atmosfera terrestre é constituída de vários gases, destacando-se, o Oxigênio (O_2) e o Nitrogênio (N_2) que constituem 99% da mesma. Além desses, estão presentes os Gases do Efeito Estufa (GEE) em pequenas quantidades, como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e as famílias dos perfluorcarbonos (PFCs) e dos hidrofluorcarbonos (HFCs), juntamente com o vapor d'água (H_2O) (PROTOCOLO DE QUIOTO, 1999).

Segundo Leódido (2007), os GEE são responsáveis pelo aquecimento global e naturalmente necessários para a regulação da temperatura da terra. Todo o fenômeno ocorre quando a energia solar atinge a superfície terrestre e é reemitida para a atmosfera, e então, é absorvida pelos gases que bloqueiam a saída do calor. Independente da ação antrópica, o efeito estufa é necessário para manter a terra aquecida. E, de acordo com Celso (2006), dos 100% de radiação solar recebida pela Terra, 30% são refletidos de volta para o espaço, pelas nuvens, pelo ar e pela superfície terrestre. Logo, aproximadamente, 70% dos raios são parcialmente absorvidos pela Terra, desta forma, conclui-se que a maior parte da insolação não refletida para o espaço é usada para o aquecimento dos oceanos e continentes, conforme Figura 1.

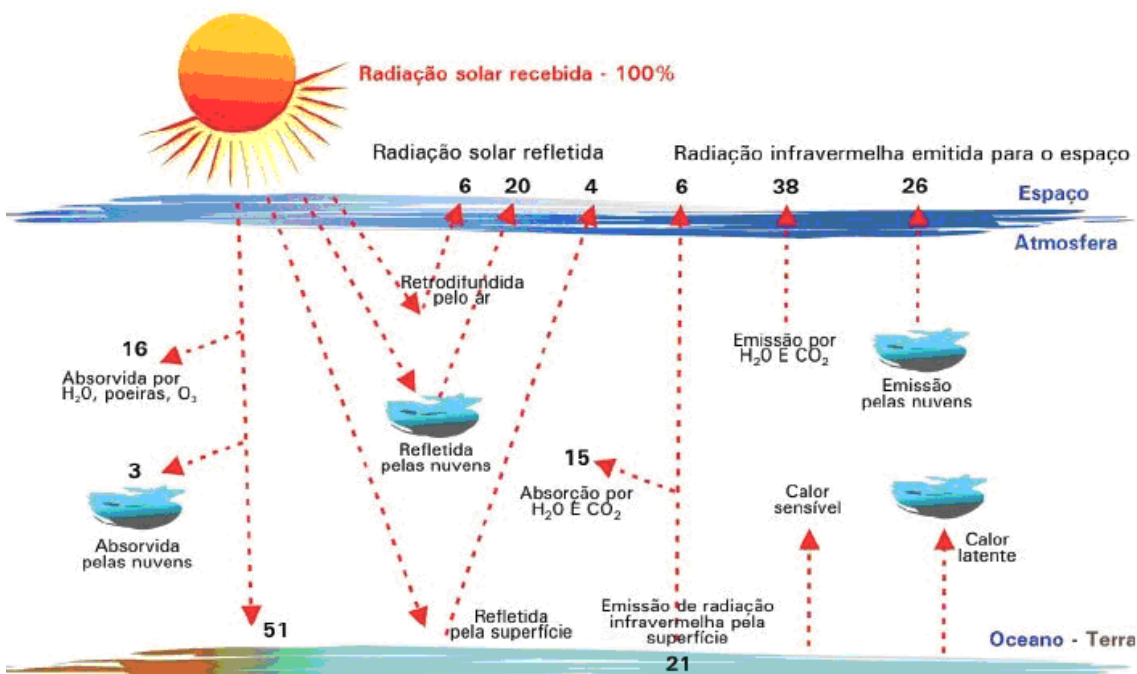


Figura 1: Apresentação do balanço energético terrestre. Fonte: <<http://www.biodieselbr.com>> (acesso em 14/06/2007).

A Terra é um sistema dinâmico que reage constantemente às forças motrizes e às perturbações que a atingem. A principal força motriz do sistema climático é o aquecimento devido à radiação solar de ondas curtas e alta frequência, que incide no planeta, e o resfriamento produzido pela radiação infravermelha de ondas longas e baixa frequência, emitida em direção ao espaço. O clima no planeta nunca foi estável. Períodos mais quentes e eras glaciais têm se alternado por mais de quinhentos mil anos. Períodos extremos entre esses intervalos duraram de dez a milhares de anos (SCHNEIDER, 1998).

Na Figura 3 é possível verificar que o clima no planeta tem sido instável. Houve mudanças significativas na temperatura média, variando de clima quente à glaciação em algumas décadas. As rápidas mudanças sugerem que o clima pode ser bastante sensível a pequenas alterações nas forças internas ou externas. Os gráficos apresentam uma forte correlação entre a concentração de dióxido de carbono na atmosfera e o aumento na temperatura do planeta.

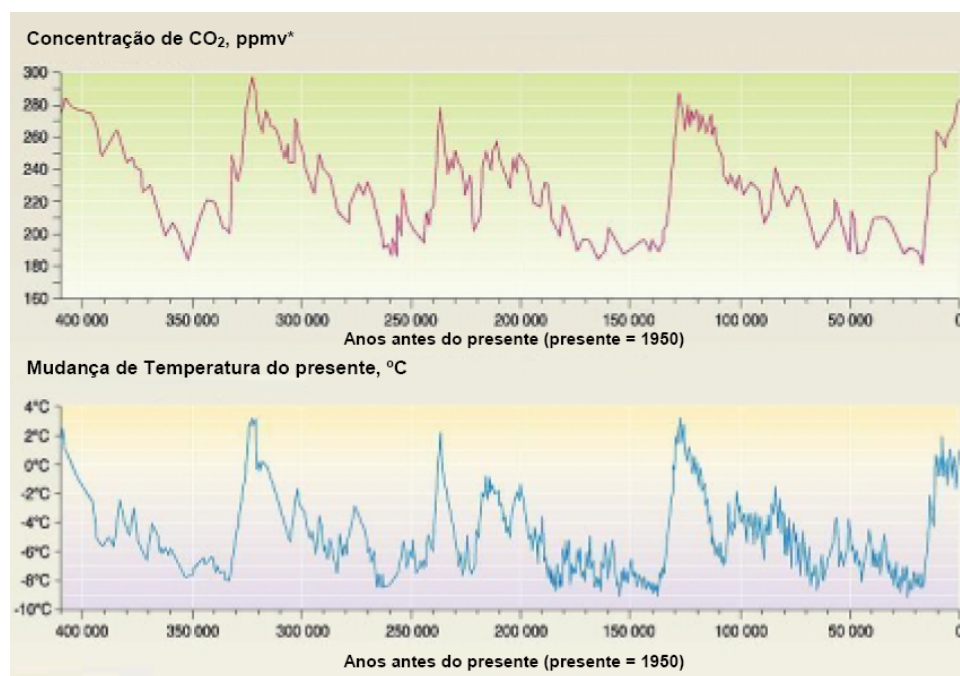


Figura 3 : Temperatura e concentração de CO₂ na atmosfera durante 400.000 anos antes do ano de 1950 (Informações do núcleo de gelo Vostok, Antártida).

Cabe enfatizar que as atividades humanas vêm aumentando consideravelmente as concentrações atmosféricas de GEE desde o início do período industrial, o que vem alterando o balanço de energia do sistema Terra-atmosfera e que pode resultar no aquecimento global, levando o planeta a algumas consequências catastróficas. As emissões futuras de GEE vão depender do tamanho da população global e das tendências econômicas, tecnológicas e sociais.

As mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global terão efeitos de larga amplitude no meio ambiente natural bem como na economia e na sociedade (IPCC, 2007).

O IPCC vem aumentando a confiança de que alguns eventos extremos de tempo se tornarão mais frequentes, mais generalizados e/ou mais intensos durante o século XXI; e há mais conhecimento sobre os efeitos potenciais dessas mudanças. Uma seleção deles é apresentada na Tabela 1, retirada do Quarto Relatório de Avaliação (IPCC AR4, 2007).

Tabela 1: Efeitos potenciais das mudanças climáticas. Fonte: IPCC, 2007.

Fenômenos e direção da tendência	Probabilidade Das tendências futuras com base nas projeções para o século XXI com o uso dos cenários do RECE	Exemplos dos principais impactos projetados por setor			
		Agricultura, silvicultura e ecossistemas	Recursos hídricos	Saúde humana	Indústria, assentamento humano e sociedade
Na maior parte das Áreas terrestres, dias e noites mais quentes e uma frequência menor de dias e noites frios; dias e noites mais quentes e uma frequência maior de dias e noites muito quentes	Praticamente certo	Aumento da produção em ambientes mais frios; redução da produção em ambientes mais quentes; aumento da proliferação de insetos	Efeitos nos recursos hídricos que dependem do derretimento da neve; efeitos em parte do abastecimento de água	Redução da mortalidade humana em decorrência da diminuição da exposição ao frio	Redução da demanda de energia para aquecimento; aumento da demanda por refrigeração; queda da qualidade do ar nas cidades; redução da interrupção do transporte por causa da neve e do gelo; efeitos no turismo de inverno
Surto de calor/ondas de calor. A frequência aumenta na maior parte das áreas terrestres	Muito provável	Redução da produção nas regiões mais quentes por causa do desconforto térmico por calor; aumento do perigo de incêndios florestais	Aumento da demanda de água; problemas com a qualidade da água, como por exemplo, a proliferação das algas	Aumento do risco de mortalidade relacionada com o calor, especialmente para os idosos, portadores de doenças crônicas, bebês e indivíduos isolados socialmente	Redução da qualidade de vida das pessoas nas áreas quentes sem acomodações adequadas; impactos nos idosos, bebês e pobres.
Eventos de precipitação extrema. A frequência aumenta na maior parte das áreas	Muito provável	Danos às culturas; erosão do solo, Incapacidade de cultivar a terra por causado encharcamento dos solos pela água	Efeitos adversos na qualidade da água superficial e subterrânea; contaminação do abastecimento de água; a escassez de água pode ser atenuada	Aumento do risco de mortes, ferimentos, doenças infecciosas, respiratórias e de pele	Ruptura de assentamentos humanos, comércio, transporte e sociedades por causa de inundações; ; perda de propriedade
A área afetada pelas secas aumenta	Provável	Degradação da terra, queda de produção/danos e perdas de safras; aumento de mortes na pecuária; aumento do risco de	Escassez mais Generalizada de água	Aumento do risco de falta de alimento e água; aumento do risco de má nutrição; aumento do	Falta de água para os assentamentos humanos, a indústria e as sociedades; redução do

		incêndios florestais		risco de doenças causadas pela água e pelos alimentos	potencial de geração hidrelétrica; potencial de migração populacional
A atividade intensa dos ciclones tropicais aumenta	Provável	Danos às culturas; árvores carregadas pelo vento; danos aos recifes de corais	A falta de energia causa interrupção no abastecimento público de água	Aumento do risco de mortes, ferimentos e doenças causadas pela água e pelos alimentos; disfunções pós-traumáticas por estresse	Danos provocados por inundações e ventos fortes; retirada da cobertura de riscos em áreas vulneráveis pelas seguradoras privadas; potencial de migração da população, perda de propriedade
Aumento da incidência de nível extremamente alto do mar (exclui tsunamis)	Provável	Salinização da água para irrigação, estuários e sistemas de água doce	Redução da disponibilidade de água doce por causa da intrusão de água salgada	Aumento do risco de mortes e ferimentos por afogamento nas inundações; efeitos na saúde relacionados com a migração	proteção costeira <i>versus</i> custos da realocação do uso da terra; potencial de movimentação das populações e da infraestrutura; ver também os ciclones tropicais acima

2.2 Potencial de Aquecimento Global (GWP)

Para a medição da quantidade de CO₂ a ser reduzida, é utilizado o Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potencial – GWP). É um índice divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). O GWP quantifica todos os demais GEE em termos de dióxido de carbono equivalente (*Carbon Dioxide Equivalent* – CDE ou CO_{2eq}). É uma medida de como uma determinada quantidade de gás do efeito estufa contribui com o aquecimento global. O potencial de aquecimento global é calculado sobre um intervalo de tempo específico e este valor deve ser declarado para a comparação (IVIG, 2007).

O GWP se baseia na comparação da forçante radiativa dos diferentes gases. Os GWP são calculados como a razão da forçante radiativa resultante das emissões de 1 kg do GEE com a emissão de 1 kg de CO₂ durante um determinado período de tempo, geralmente 100 anos, sem a necessidade de calcular diretamente as mudanças nas concentrações atmosféricas (IVIG, 2007).

Os CO_{2eq} são regularmente expressos em Milhões de Toneladas Métricas Equivalentes de Dióxido de Carbono – MMTCDE. O MMTCDE para um gás é o produto da massa do gás pelo seu CO_{2eq} (IVIG, 2007).

$$MMTCDE = (\text{Toneladas do gás}) \times (\text{CDE do gás})$$

Por exemplo: O CDE do metano é 21. Isto significa que a emissão de uma tonelada de metano é equivalente a 21 toneladas de CO₂.

Para converter carbono em dióxido de carbono, por exemplo, multiplica-se o carbono por 44/12, relação entre os pesos moleculares do CO₂ e do carbono (C). O IPCC avalia e atualiza, regularmente, os valores dos GWP (IVIG, 2007). Os valores mais atuais são os divulgados em 2001. A Tabela 4 apresenta os GWP de diferentes gases de efeito estufa.

Tabela 2: Índice de Potencial de Aquecimento Global (GWP). Fonte: IPCC.

Gás	1996 GWP IPCC	2001 GWP IPCC
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	1
Metano (CH ₄)	21	23
Óxido Nitroso (N ₂ O)	310	296
HFC-23	11700	12000
HFC-125	2800	3400
HFC-134a	1300	1300
HFC-143a	3800	4300
HFC-152a	140	120
HFC-227ea	2900	3500
HFC-236fa	6300	9400
Perfluormetano (CF ₄)	6500	5700
Perfluoretano (C ₂ F ₆)	9200	11900
Hexafluoreto de Enxofre (SF ₆)	23900	22200

2.3 Consumo de energia no setor de transportes

A média mundial de emissões, atribuída pelo IPCC em 2006, para os meios de transportes é de um quarto dentro das emissões do setor de energia. As emissões brasileiras estão superando esta média como é possível verificar no gráfico de estudo evolutivo abaixo. O setor de transportes e a indústria são e serão os maiores contribuintes para o crescimento das emissões no longo prazo – 68% do total. Somente o setor de transportes responde por uma média de 39% das emissões.

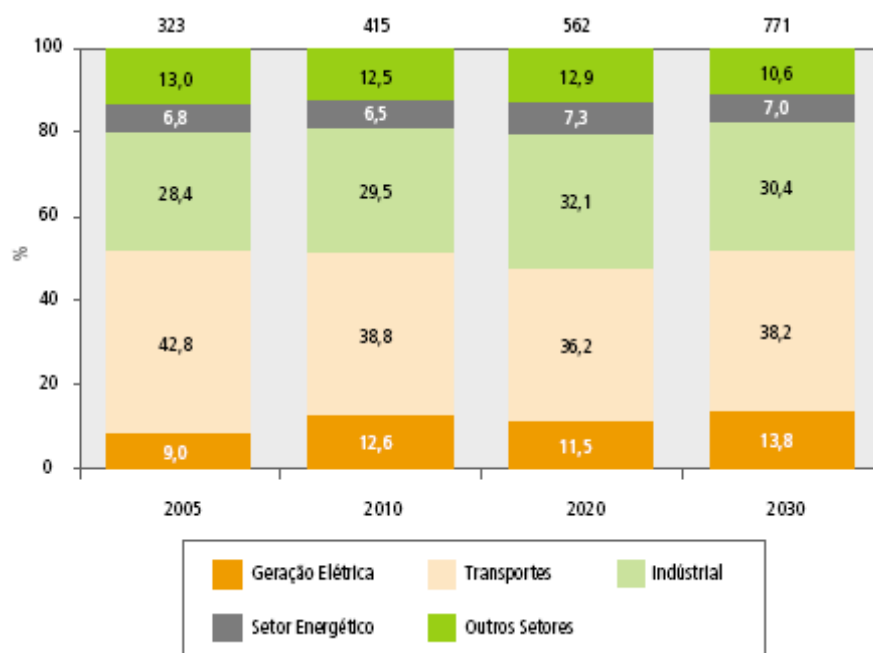


Figura 4: Estrutura das Emissões de CO₂ por Setor (em %). Fonte: MME, 2007.

É bem verdade que o Brasil apresenta reduzido índice de emissão comparativamente ao resto do mundo. Segundo o MME 2007, isto se deve, basicamente, ao elevado percentual de participação de fontes renováveis⁶ de energia na matriz energética brasileira, que, em 2005, foram responsáveis por 44,5% da oferta interna de energia no país. No entanto, o setor de transportes, no Brasil, é um dos que possui maior intensidade energética. Isso equivale dizer que, em alguns casos, se dispende mais energia para transportar produtos do que para gerá-los. Significa que a matriz energética utilizada é dispendiosa ou não rentável. No caso brasileiro, a responsabilidade é atribuída ao modal rodoviário que demanda alta energia para pouca carga, o que caracteriza pouca eficiência energética.

Assim, intensidade energética refere-se ao montante de energia consumido em tep⁷ para gerar 10³ US\$ de PIB. Na Figura 5, destaca-se o setor de transportes, o mais energo-intensivo dentre os analisados no BEN⁸ que apresenta uma trajetória crescente, em particular no início da década de 90. A partir de meados de 90 a intensidade energética do setor de transportes supera 2,5 tep/10³ US\$, chegando em 2004, com uma intensidade energética que ultrapassa 3,5 tep/10³ US\$.

⁶ Esta participação inclui a geração elétrica a partir da energia hidráulica, do bagaço de cana-de-açúcar e de centrais eólicas, o uso do álcool automotivo no setor de transportes e do carvão vegetal na siderurgia.

⁷ Tonelada equivalente de petróleo (tep) é a unidade comum na qual se convertem as unidades de medida das diferentes formas de energia utilizadas no BEN. Os fatores de conversão são calculados com base no poder calorífico superior de cada energético em relação ao do petróleo, de 10800 kcal/kg.

⁸ Balanço Energético Nacional (BEN). Relatório periódico de autoria do Ministério de Minas e Energia.

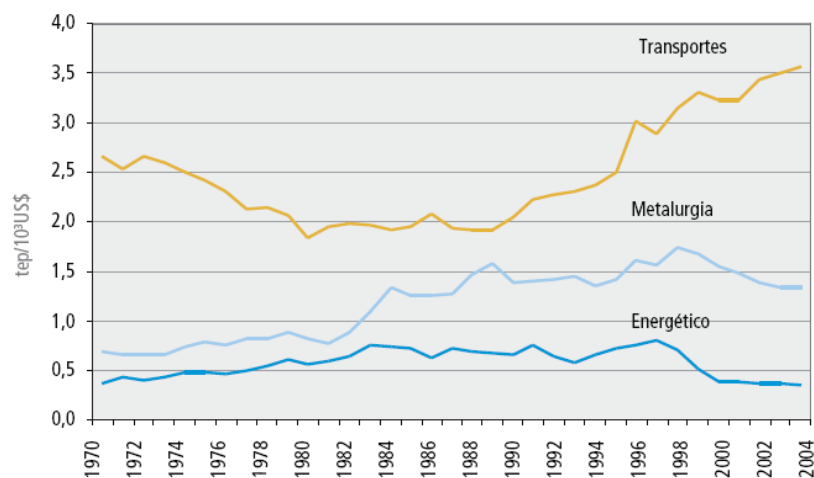
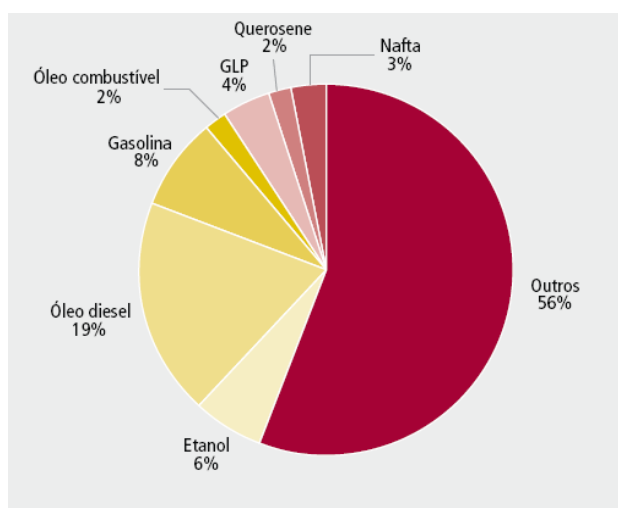
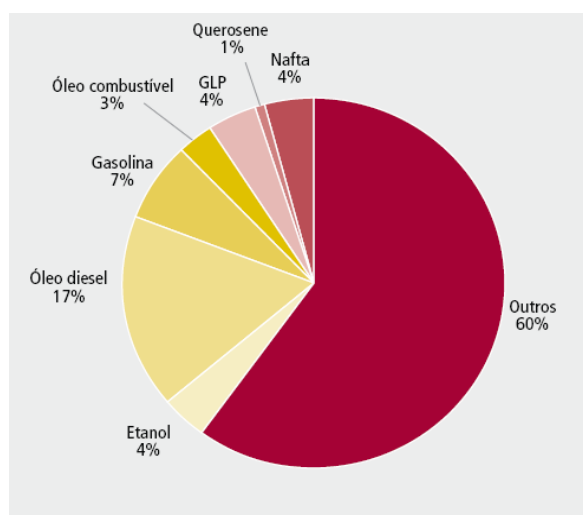


Figura 5: Intensidade Energética dos setores transportes, metalurgia e energético. Fonte: BEN 2004 / MME.

Os combustíveis líquidos representaram cerca de 40% da demanda final de energia em 2004, conforme apresentado na Figura 6a. Numa previsão até 2030, sua participação deverá aumentar, não muito significativamente, conforme se observa na Figura 6b. Vale a pena ressaltar o aumento da participação do etanol e do óleo diesel e a redução da participação do óleo combustível e da nafta na demanda final de energia. A queda da demanda da nafta e do óleo combustível se deve basicamente ao aumento esperado para o consumo de gás natural como combustível e matéria-prima no setor petroquímico.



Figuras 6a e 6b, respectivamente: Participação de combustíveis líquidos na demanda final de energia em 2004 e Participação de combustíveis líquidos na demanda final de energia em 2030.

A participação de combustíveis líquidos no consumo final de energia é especialmente importante, em volume, nos setores de transporte e agropecuário. Na Tabela 3, é apresentada a evolução do consumo de combustíveis líquidos nos diversos setores. Observa-se, além do aumento do consumo total em todos os setores, a manutenção da predominância do consumo de combustíveis líquidos no setor de transportes. O setor de transportes representou em torno de 74% do consumo de combustíveis líquidos no Brasil em 2004, e tal quadro não deverá se reverter até 2030. A tendência é que, em 2030, aproximadamente 77% da demanda total de combustíveis líquidos se destinem ao setor de transportes.

Tabela 3: Evolução da demanda de combustíveis líquidos por setor (mil tep). Fonte: MME, 2007.

	2004	2010	2015	2020	2025	2030
Setor industrial	5.542	5.776	6.756	8.004	9.863	11.196
Setor comercial	528	523	624	737	1.021	1.225
Setor público	637	635	759	901	1.277	1.556
Setor de transportes	49.953	53.454	62.984	77.340	108.118	132.635
Setor agropecuário	4.767	5.033	6.521	8.652	12.251	15.000
Setor residencial	5.841	5.880	6.270	8.268	10.508	11.406
Total	67.268	71.301	83.914	103.902	143.038	173.019

Segundo a Figura 7, é possível observar a evolução do consumo de energia por setor. Destaca-se, dentro do setor de transportes, a especificação do uso de energia dentre os modais. É notável o desequilíbrio dentro do setor.

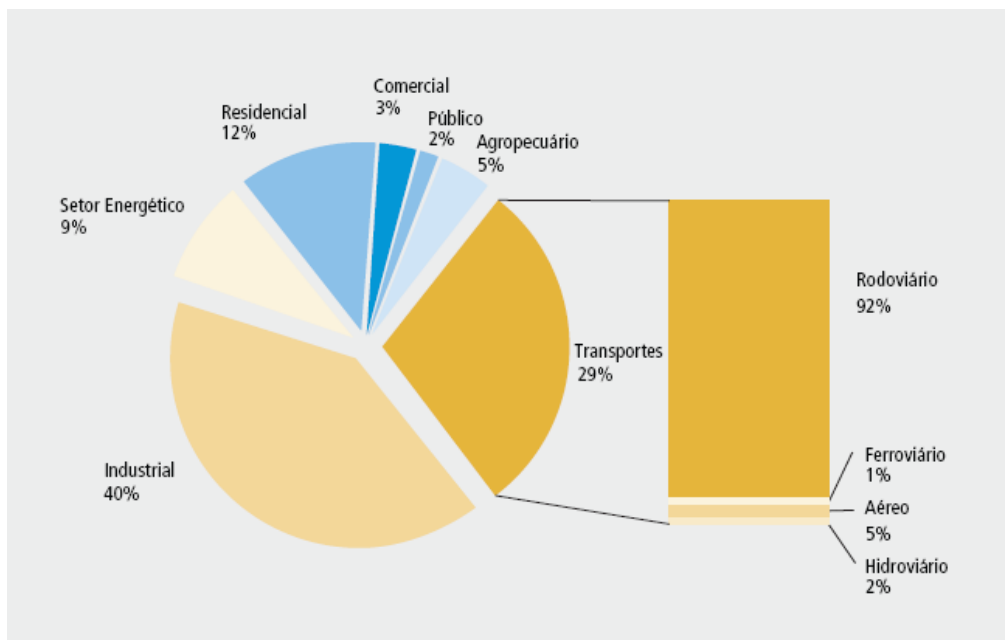


Figura 7: Evolução do consumo final de energia por setor. Fonte: BEN 2004 / MME.

Observa-se na Figura 8, o consumo energético por diferentes fontes em tep. Vê-se que o Brasil se utiliza de mais óleo diesel que energia elétrica.

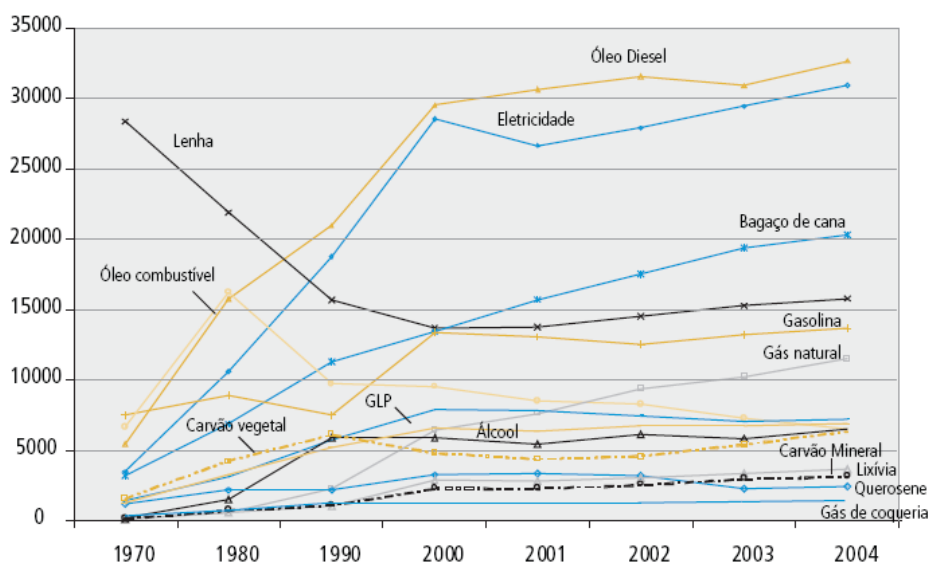


Figura 8: Evolução do consumo final energético por fonte (tep). Fonte: BEN 2004 / MME.

A evolução dos consumos das diferentes fontes de energia para meios de transportes pode ser observada na Tabela 3. Ressalta-se a aumento do consumo de combustível e a mudança, no decorrer dos anos, da matriz energética para os modais.

Tabela 4: Evolução dos consumos dos diferentes energéticos no Setor de Transportes (10³ tep).

Modal/energético	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
Rodoviário	11361	18525	21611	22124	29276	37250	42766	47370
Gás natural	0	0	0	0	2	43	275	1390
Óleo diesel	3894	7250	11401	11846	15983	19280	23410	25939
Gasolina automotiva	7369	11189	8788	6043	7436	11057	13261	13596
Álcool etílico anidro	98	86	1203	1132	650	1800	3046	3979
Álcool etílico hidratado	0	0	219	3103	5205	5069	2774	2466
Ferrovário	531	604	689	701	633	545	511	646
Carvão vapor	16	10	22	13	5	0	0	0
Lenha	33	7	3	3	2	0	0	0
Óleo diesel	349	505	583	585	522	440	403	557
Óleo combustível	77	28	10	2	0	1	0	0
Eletricidade	56	54	71	99	103	104	107	89
Aéreo	712	1327	1735	1857	1967	2436	3182	2402
Gasolina de aviação	77	79	72	56	48	48	58	47
Querosene de aviação	635	1248	1663	1801	1918	2387	3124	2355
Hidroviário	588	1725	1681	2626	1089	1105	926	1015
Lenha	10	3	0	0	0	0	0	0
Óleo diesel	268	510	703	943	323	319	277	315
Óleo combustível	309	1212	978	1683	766	786	648	700

Fonte: BEN, 2005.

3 Logística e Transportes

Logística é o estudo que coordena o fluxo de materiais de um ambiente a outro através de ferramentas de transporte, armazenagem, gerenciamento de estoques e processamento de informações de modo a agregar, primordialmente, valores como tempo, lugar, qualidade e informação (GELOG, 2006).

O objetivo principal da logística é coordenar essas atividades de uma maneira a juntar interesses do cliente com custo mínimo. Este custo é, ainda, definido apenas por uma abordagem econômica. Com o aumento das preocupações sobre o meio ambiente, as companhias estão passando a contabilizar seus custos externos, associados principalmente às mudanças climáticas, poluição atmosférica, ruídos, resíduos sólidos, vibração e acidentes. A Logística Verde ou, originalmente, *Green Logistics* pesquisa maneiras de redução destas externalidades procurando um maior equilíbrio na busca da sustentabilidade entre economia, meio ambiente e objetivos sociais (<www.greenlogistics.org>, 2008).

Para muitos, as externalidades da logística resumem-se às emissões atmosféricas. No entanto, interpretada em toda a sua abrangência, possui elevada influência na tomada de decisões que podem impactar o meio ambiente, pois o transporte é a base da cadeia de suprimento de qualquer processo produtivo.

Exemplifica-se a seguir algumas externalidades ambientais ao se trabalhar as 4 principais áreas da logística: Suprimento, Armazenagem, Embalagem e Transporte (ATC, 2007).

- **Suprimento**

Nas decisões quanto ao suprimento podem ser consideradas alternativas de produtos ambientalmente corretos, com menor custo de disposição final e possibilidade de reciclagem. Também pode ser exercido o poder de comprador exigindo do fornecedor políticas de produção mais limpa.

- **Armazenagem**

O aumento da segurança na armazenagem de produtos perigosos implica, à primeira vista, apenas em aumento dos custos. No entanto, as multas, o passivo ambiental, a opinião pública, os custos de recuperar uma estrutura danificada ou uma área contaminada e o aumento do custo das apólices de seguro levaram vários setores industriais a adotarem estratégias preventivas.

A armazenagem frigorificada demanda alta energia. Rapidez e eficiência nos processos logísticos como transporte e informação confiável da cadeia de suprimentos minimiza e otimiza estoques. Diminuindo assim o tempo em câmaras frias.

- **Embalagem**

A opção por embalagens ambientalmente mais corretas representa um ganho concreto, eliminando materiais tóxicos de difícil reciclagem e maior custo de disposição final como os poliestirenos e poliuretanos (proibidos na Europa), como também o uso dos mais amigáveis como polietilenos e polipropilenos, que podem, em muitos casos, ser substituídos por papelão. As novas tecnologias na produção de papelão oferecem produtos reciclados com a mesma qualidade dos plásticos com um impacto ambiental infinitamente menor. Há empresas, que oferecem produtos de celulose que aumentam a segurança na armazenagem de produtos e no transporte de cargas e, por consequência, diminuem resíduos. As alternativas ambientais seguem a regra de que nem sempre o mais barato é o mais econômico.

A redução do uso, a reciclagem e a reutilização de embalagens transformam lixo em matéria- prima, e reduzem os custos da aquisição de materiais e de disposição dos resíduos.

- **Transporte**

As medidas de redução da emissão de CO₂, como o uso de empilhadeiras à bateria, desligamento de caminhões em espera, uso cíclico de containers, opção por veículos mais econômicos ou movidos a combustíveis alternativos, são medidas que simultaneamente trazem economia à empresa.

Outro fator importante para o meio ambiente e economia é a seleção do modal. A opção ferroviária de transporte, por exemplo, reduz significativamente a emissão de CO₂ em relação à rodoviária, bem como a multimodalidade⁹.

⁹ A Agência Nacional de Transportes Terrestres conceitua o transporte multimodal de cargas como aquele que, regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino, e é executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal - OTM.

Jürgen H. Strauch, sócio-gerente da Pythagoras Logistics, operadora de logística integrada acrescenta (ATC, 2007):

“As grandes empresas transnacionais e operadoras logísticas americanas e européias já possuem sofisticados programas de proteção ambiental e redução de desperdício. Neste ponto também se verifica a relação entre poluição e desperdício, demonstrada em todos os setores da indústria. Estas empresas descobriram na Logística um grande potencial de redução do custo global, ao mesmo tempo em que contribui para a redução do impacto ambiental. A avaliação do retorno das estratégias ambientais já está sendo inserida na contabilização dos resultados e relatórios para acionistas de grandes corporações, até mesmo o ganho em ativos intangíveis como marca e imagem institucional. Há ainda um grande e crescente potencial de aproveitamento dos resultados em campanhas de marketing ambiental.”

A globalização, o aumento da competitividade entre as empresas além dos questionamentos crescentes da sociedade por ações corporativas responsáveis tornou indispensável a adoção de valores sócio-ambientais e éticos ao processo produtivo. O consumidor passou a recompensar as empresas ambientalmente corretas pela decisão da compra em soma a qualidade e preço do produto final. A quantificação carbônica das emissões do transporte vem, portanto, constituir uma das ferramentas para o trabalho do valor ambiental dentro da logística.

3.1 Logística da soja

A logística do agronegócio relaciona-se ao planejamento e operação dos sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que insumos e produtos se movimentem de forma integrada no espaço, através do transporte, e no tempo, através do armazenamento. Isso no momento oportuno, para o lugar correto, em condições adequadas (seguras) e com o menor dispêndio. (CAIXETA FILHO, 2006).

O transporte do grão armazenado para a indústria de processamento, ou dos armazéns ou indústrias de exportação com destino ao mercado externo, normalmente ocorre em rodovias pavimentadas, raramente em boas condições. Os principais portos graneleiros de escoamento utilizados têm sido Santos (SP), Paranaguá (PR), Rio Grande (RS) e São Francisco do Sul (SC), que movimentam a soja procedente do sul do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, principalmente (ATC, 2007).

Sobre as dimensões continentais do Brasil e novas soluções logísticas, Caixeta Filho, 2006, argumenta: economias com a logística podem vir a representar o diferencial de sustentabilidade para o agronegócio da soja. Ressalta, ainda, que caso mais representativo é o do chamado Corredor Noroeste, que inclui a rodovia BR 364 (que liga Cuiabá, MT a Porto Velho, RO), o rio Madeira e o rio Amazonas, como vias articuladas para a movimentação da soja a partir da Chapada dos Parecis (noroeste de Mato Grosso) e de Rondônia (região de Vilhena) até o porto de Itacoatiara (AM), terminal este de transbordo para os navios de maior calado destinados a mercados externos.

Outro ponto de vista pouco comentado sobre a temática Logística e Meio Ambiente é o aumento da área plantada para compensar o valor dos fretes. A região do Mato Grosso, em especial, está situada no apelidado “Apagão Logístico Brasileiro”, onde os fretes são bem mais altos que nas outras regiões do Brasil pela distância dos portos e ausência ou ineficiência dos canais de escoamento, principalmente rodovias. Os produtores estão a investir no aumento da produção da soja para ganhar mais com a área e quantidade plantada a fim de compensar o alto custo logístico, associado ao grão, devido à insuficiência da infra-estrutura no escoamento hábil da produção. É o que comenta o analista da AgraFNP, uma renomada consultoria em agronegócios, Fábio Turquino Barros (ATC, 2007):

“Por mais contraditório que pareça, é esta rentabilidade menor que estimula o produtor do Mato Grosso a expandir área e ganhar na escala o que ele perde em infra-estrutura de escoamento”.

Vê-se que a melhora da infra-estrutura logística nesta região pode amenizar, indiretamente, outros problemas ambientais locais.

3.2 Modais logísticos

- **Rodoviário**

O transporte rodoviário, de acordo com Rodrigues (2004), é um dos mais simples e eficientes comparado com todos os outros, pois sua única exigência é existirem rodovias. Porém, para ser considerado um modal econômico deve ser utilizado em distâncias menores que 500 km, principalmente pelo elevado custo energético. Admite-se para o transporte rodoviário de longa distância em rodovias pavimentadas uma velocidade média de 60km/h e em não pavimentadas 40km/h,

As vantagens do modal rodoviário em relação aos outros meios de transporte, segundo Rodrigues (2004), são: possibilidade de oferecer um serviço porta-a-porta, favorecimento de embarque de pequenos lotes, embarques e partidas mais rápidos, facilidade de substituição do veículo em caso de quebra ou mesmo acidente e rapidez nas entregas, principalmente nas regiões centrais. Algumas desvantagens do transporte rodoviário são: maior custo operacional e menor capacidade de carga, desgaste prematuro da infra-estrutura da malha rodoviária e congestionamentos.

- **Aéreo**

É o transporte adequado para mercadorias de alto valor agregado, pequenos volumes ou com urgência na entrega.

O transporte aéreo possui algumas vantagens sobre os demais modais, pois é mais rápido e seguro e são menores os custos com seguro, estocagem e embalagem, além de ser mais viável para remessa de amostras, brindes, bagagem desacompanhada, partes e peças de reposição, mercadoria perecível, animais, etc. As desvantagens são a menor capacidade

de carga, valor do frete mais elevado em relação aos outros modais e alta restrição a cargas perigosas.

- **Ferroviário**

A malha ferroviária brasileira possui aproximadamente 29.000 km. O processo de privatização do sistema iniciou-se em 1996, e as empresas que adquiriram as concessões de operação desta malha, assumiram com grandes problemas estruturais. A transferência da operação das ferrovias para o setor privado foi fundamental para que esse setor voltasse a operar.

Dentre algumas vantagens do modal ferroviário é possível citar: capacidade de transportar grandes lotes de mercadorias, baixo consumo energético, provimento de estoques em trânsito e adaptação rodo-ferroviária. As desvantagens em relação ao modal rodoviário são: maior tempo de viagem com velocidade média de 30km/h, baixa flexibilidade de rotas e a dependência da disponibilidade do material rodante.

- **Dutoviário**

Segundo Rodrigues (2004), o transporte dutoviário traduz-se no transporte de grãos, por gravidade ou pressão mecânica, através de dutos adequados à finalidade que se destinam.

De acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), o transporte dutoviário pode ser dividido em oleodutos, minerodutos e gasodutos.

- **Aquaviário**

O transporte aquaviário é dividido em transporte fluvial, marítimo e cabotagem.

Fluvial

Em países de grande dimensão territorial e ricos em recursos hídricos navegáveis como o Brasil, a utilização de hidrovias é fator fundamental para o desenvolvimento. Entretanto, se faz necessário investir na regularização de leitos de rios, na interligação de bacias e na transposição de obstáculos naturais, pois sem esses investimentos se torna quase impossível a locomoção das embarcações por esses rios (RODRIGUES, 2004).

Sobre as vantagens do modal, destaca-se: elevada capacidade de transporte, fretes mais baratos que os modais rodo e ferroviários, disponibilidade ilimitada e custos variáveis muito mais baixos. Em relação às desvantagens tem-se baixa velocidade – em torno de 12km/h, rotas fixas e necessidade de altos investimentos na regularização de alguns trechos de rios.

Marítimo

O transporte marítimo é realizado por navios de grande porte, nos mares e oceanos. Mesmo não sendo o modal mais rápido apresenta-se vantajoso no que se refere a alguns aspectos como confiabilidade e capacidade de transportar grandes volumes de cargas (ANTAQ, 2008).

Além dessas vantagens, pode-se destacar também a altíssima eficiência energética e a elevada economia de escala para grandes lotes a longa distância. Como desvantagens destaca-se: serviço lento e com grande número de manuseios, propiciando a ocorrência de avarias.

Cabotagem

Cabotagem é a navegação entre portos interiores pelo litoral ou por vias fluviais (ANTAQ, 2008). Difere-se da navegação de longo curso, ou seja, aquela realizada entre portos de diferentes nações.

Através da Figura 9 observa-se o custo dos diferentes meios de transporte em função da distância percorrida. Destaca-se que todos os modais são competitivos até uma determinada distância.

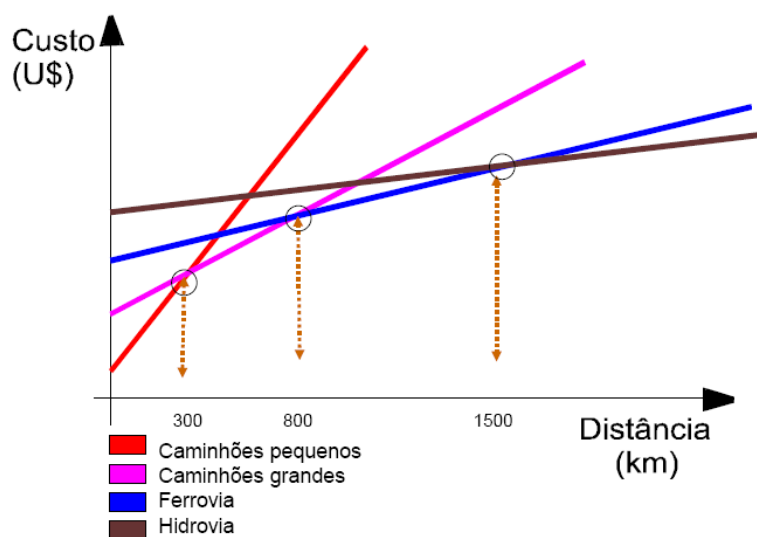


Figura 9: Custos de transportes em função da distância percorrida. Fonte: ANTAQ, 2007.

3.3 Metodologias para contabilização das emissões de gases de efeito estufa do setor energético

A contabilização das emissões de CO₂ pelo setor energético, que inclui o setor de transportes, pode ser feita de duas maneiras, que dependem da agregação dos dados disponíveis. São elas as metodologias *top-down* e *bottom-up*. A metodologia *top-down*, ou abordagem de referência, leva em conta somente as emissões de dióxido de carbono (CO₂) a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem detalhamento de como essa energia é consumida. Já a metodologia *bottom-up* leva em conta as emissões de todos os gases, neste caso as emissões são quantificadas levando-se em consideração o tipo de equipamento empregado e respectivos rendimentos. A diferença básica entre as duas metodologias é principalmente, a confiança dos dados. Enquanto a metodologia *top-down*

possui uma grande quantidade de informações sobre suprimento de combustíveis, a metodologia *bottom-up* necessita de informações detalhadas que muitas vezes não estão disponíveis. Ambas metodologias foram desenvolvidas pelo IPCC (1996) e apresentadas nas “Diretrizes para inventários nacionais de gases de efeito estufa”, oficialmente adotadas pela Convenção do Clima para a elaboração das comunicações nacionais dos países signatários da convenção, inclusive o Brasil (MATTOS, L.B.R. 2001).

Entre os fatores importantes que devem ser observados na contabilização de CO₂ de um determinado combustível estão o conteúdo de carbono e energia do combustível, a quantidade de carbono não oxidado, a quantidade de carbono estocado, os combustíveis *bunker*¹⁰ e os combustíveis de biomassa.

O MCT, em 2006, no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, na parte de Emissões de GEE por Fontes Móveis no Setor Energético, enfatiza em sua introdução que “fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais”. Esta ênfase justifica-se pela referência utilizada pelo IPCC vir de pesquisas realizadas em países desenvolvidos, de modo que, setores muitos ligados a realidade dos países em desenvolvimento não são tratados com a profundidade necessária. Em alguns casos, onde há pesquisas nacionais, observa-se grande discrepância de valores. O MCT, ainda sobre suas dificuldades, afirma que:

“No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.”

As descrições dos métodos *top-down* e *bottom-up* foram extraídas da tese de mestrado “A importância do setor de transportes na emissão de gases de efeito estufa – o caso do Município do Rio de Janeiro” defendida em 2001 por Laura Bedeschi Rego de Mattos da UFRJ – COPPE.

3.3.1 Metodologia *top-down*

Conversão para unidade de consumo do combustível para unidade comum de energia

Cada combustível possui um conteúdo energético diferente. Portanto, o primeiro passo da metodologia é a conversão do consumo de aparente (CA) de cada combustível,

¹⁰ Combustíveis *bunker* são aqueles destinados ao transporte internacional. Seja de cargas ou passageiros em aeronaves ou navios. E, embora tenham suas emissões quantificadas, estas são apresentadas separadamente dos inventários nacionais.

medido na sua unidade original, para uma unidade comum de energia. Esta conversão é efetuada multiplicando-se o consumo do combustível pelo fator de conversão em tep por unidade de combustível (tep/unidade). Depois transforma-se a quantidade de energia em tep para o terajoule (TJ), conforme estabelece a abordagem de referência. O valor médio do tep brasileiro utilizado pela Comunicação Nacional (MCT, 1999) é equivalente a 45217,4 MJ.

Portanto, a estimativa das emissões de GEE pelo método *top-down*, recomendada pelo MME em 1999 no Balanço Energético Nacional, prevê a conversão de todas as medidas de consumo de combustível para uma unidade comum:

$$CC = CA * Fconv * 45,2 * 10^{-3} * Fcorr$$

onde,

1 tEP(Brasil) = 45,2 x 10⁻³ TJ (tera-joule = 1012 J);

CC = consumo de energia em TJ;

CA = consumo de combustível (m³, l, kg);

Fconv = fator de conversão da unidade física de medida da quantidade de combustível para tEP, com base no PCS (poder calorífico superior) do combustível (valores podem variar de ano para ano, de acordo com a publicação anual do BEN pelo MME). Os valores do ano 2000 dos Fconv são: gasolina (0,771 tEP/m³); álcool anidro (0,520 tEP/m³); álcool hidratado (0,496 tEP/m³); diesel (0,848 tEP/m³); gás natural seco (0,857 tEP/10³m³);

Fcorr = fator de correção de PCS para PCI (poder calorífico inferior). No BEN, o conteúdo energético tem como base o PCS, mas para o IPCC, a conversão para unidade comum de energia deve ser feita pela multiplicação do consumo pelo PCI. Para combustíveis sólidos e líquidos o Fcorr = 0,95 e para combustíveis gasosos, o Fcorr = 0,90, conforme MCT.

Conteúdo de carbono

Assim como o conteúdo energético, os combustíveis apresentam diferentes quantidades de carbono. Os fatores de emissão (Femiss), para o cálculo de conteúdo de carbono (QC), utilizados neste trabalho foram os mesmos usados pelo MCT (1999) na Comunicação Nacional, sendo que alguns valores específicos para o Brasil e outros fornecidos pelo IPCC.

A quantidade de carbono emitida na queima do combustível deve ser calculada conforme segue:

$$QC = CC * Femiss * 10^{-3}$$

onde,

QC = conteúdo de carbono expresso em GgC;

CC = consumo de energia em TJ;

Femiss = fator de emissão de carbono (tC/TJ). Os valores do IPCC, 1996 e MCT, 1999 dos Femiss são: gasolina (18,9 tC/TJ); álcool anidro (14,81 tC/TJ); álcool hidratado (14,81 tC/TJ); diesel (20,2 tC/TJ); gás natural seco (15,3 tC/TJ);

10⁻³ = tC/GgC

Emissões reais de carbono

No desenvolvimento real de emissões considera-se que nem todo o carbono combustível é oxidado, pois dificilmente a combustão é completa, deixando em torno de 1% de carbono, que se incorporam as cinzas ou outros subprodutos. A Comunicação Nacional (MCT, 1999) considera em 0,99 a fração de carbono oxidada (FCO) de óleo diesel e óleo combustível.

$$\text{ERC} = \text{QC} * \text{FCO}$$

ERC = emissões reais de carbono (GgC);

QC = quantidade de carbono no combustível (GgC);

FCO = fração de carbono oxidada (adimensional).

Emissões de CO₂

Finalmente, as emissões de CO₂ podem ser calculadas de acordo com a expressão abaixo, lembrando que em função dos respectivos pesos moleculares, 44 t CO₂ corresponde a 12 t de C ou 1 t CO₂ = 0,2727 t C.

$$\text{ERCO}_2 = \text{ERC} * 44/12$$

onde,

ERCO₂ = emissão de CO₂;

ERC = emissão de C;

1 GgCO₂ = [44/12] GgC.

3.3.2 Metodologia *bottom-up*

Os cálculos das emissões de gases do efeito estufa pelo método *bottom-up* podem ser realizados como procedimento adicional ao método *top-down*, desde que haja dados locais detalhados e confiáveis sobre a tecnologia de motorização utilizada, qualidade do combustível, consumo, quilometragem, fatores de emissão levantados em laboratórios locais, estado de manutenção da frota etc, para cada subgrupo de veículos com características similares. O IPCC recomenda essa prática como forma de aferição dos cálculos e conseqüente melhoria da qualidade da informação. Os cálculos das emissões de CO₂ devem ser feitos conforme segue:

$$\text{Emissi} = \text{FEi}_{abc} * \text{Atividade}_{abc}$$

onde,

Emissi = emissões de um gás i;

FEi = fator de emissão do gás i;

Atividade = quantidade de energia consumida ou distância percorrida;

i = CO₂, CO, NO_x, CH₄, MP, N₂O;

a = tipo de combustível;

b = tipo de veículo;

c = tecnologias de controle de emissões.

Para o cálculo a partir da quilometragem anual deve ser utilizada a seguinte expressão:

$$\text{Emissi} = F * \text{FEi} * \text{km média}_a$$

onde,

F = número de veículos da frota;

km média_a = distância média percorrida no ano.

4 O caso do escoamento da soja

Atualmente, 81% do transporte de soja no Brasil é feito por rodovias, apenas 15% por ferrovias e 4% por hidrovias, tendência que deve se manter nos próximos anos se o transporte ferroviário e hidroviário não for desenvolvido (GEIPOT, 2001).

As estimativas do GEIPOT¹¹ apontam que, com investimentos corretos até 2015, o transporte de soja seria dividido de forma mais equilibrada entre os três sistemas: 40% em ferrovias, 33% em rodovias e 27% em hidrovias.

Este capítulo é um estudo de caso que tem o objetivo de analisar comparativamente as emissões de gases de efeito estufa pelo escoamento de uma safra de soja do município de Sorriso, centro-norte do Mato Grosso, maior produtor de soja do Brasil com aproximadamente 2 milhões de toneladas produzidas em 2007, para Rotterdam, na Holanda, maior entreposto comercial de soja no mundo, onde 80% da soja brasileira é comercializada.

A região centro-oeste como um todo, em especial a região norte do Mato Grosso, é distante dos portos, tem sérios problemas de infra-estrutura obsoleta ou ausente com transporte baseado no modal rodoviário. Novos canais de escoamento, abertos pela iniciativa privada, utilizam a multimodalidade como diferencial competitivo para redução dos fretes.

Essas novas iniciativas são fruto de estudos e críticas devido ao impacto ambiental de suas obras e funcionamento. Este trabalho se absterá deste debate e procurará as vantagens ambientais do ponto de vista do canal de escoamento que menos emite gases de efeito estufa.

4.1 Fronteiras

Para se estudar sistemas complexos de Análise de Ciclo de Vida ou mesmo para parte deles, deve-se fazer uso de fronteiras e limites. Isso é, adotar simplificações, modelos

¹¹ GEIPOT Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes ligada ao Ministério dos Transportes e, atualmente, em processo de liquidação.

matemáticos, informações que permitam definir o nível de detalhamento do estudo com relação a dados geográficos, temporais, técnicos e sistemas naturais. Vale ressaltar que nem sempre um nível elevado de detalhamento é positivo. Esta situação pode demandar altos custos em tecnologia e também tempo para sua realização.

Desta forma, este trabalho também possui suas fronteiras. Os limites estão na qualidade dos dados adotados junto a ANP, Petrobrás, IPCC, MT, MCT e MME relativos aos consumos dos meios de transportes, fatores de emissão e cargas transportadas. As fronteiras foram pensadas de modo a refletir a produção de soja, por safra, de um grande produtor na região de Mato Grosso que tenta escoar sua safra por 3 diferentes rotas (canais logísticos) até o entreposto internacional de soja, Rotterdam. A este produtor interessa saber qual dessas rotas é a que menos emite GEE, pois essa informação é importante no inventário anual de emissões da corporação.

A safra a ser escoada foi estipulada em 180 mil toneladas (produtor de grande porte) e é compatível com a carga máxima (60 mil toneladas) de um tipo de navio graneleiro que comumente se desloca de Itacoatiara (AM) para Rotterdam. Assim, fixou-se como limite o navio Panamax graneleiro – que é a embarcação que possui o maior calado possível para navegar carregado pelo Rio Amazonas, o que facilita os cálculos.

A quantificação das toneladas de dióxido de carbono emitidas se resumem, neste trabalho, as emissões provenientes da queima do combustível óleo diesel desde a saída das terras do produtor até o porto de Rotterdam – trecho internacional (marítimo) utiliza óleo combustível (*bunker*). Emissões carbônicas advindas de aditivos, óleo lubrificante, pneus, colheitadeiras, energia para bombeamento do grão com intuito de mudança de modal, etc, não serão contabilizadas.

4.2 Estudo das rotas

Abaixo se descreve o estudo das rotas escolhidas para comparação de emissões de GEE. Todas partem do mesmo ponto inicial Sorriso, no Mato Grosso, e convergem para Rotterdam, na Holanda, o maior entreposto comercial de soja no mundo. As rotas podem ser melhor observadas na Figura 10.

As rotas 4 e 5 estão detalhadas separadamente no item 4.2.3 deste mesmo capítulo por serem consideradas, ainda, alternativas.

A saber, Sorriso é o maior município produtor de soja do Brasil com 1 milhão de toneladas produzidas em 2000 e projeções de 2,63 milhões de toneladas em 2015.

Rota 1: A safra sai de Sorriso, por modal rodoviário, até Porto Velho (RO) e percorre uma distância de 1.450 km. Lá é embarcada em um comboio de chatas¹² e desce a Hidrovia do Rio Madeira até o porto de Itacoatiara (AM) num total de 1.056 km. No porto,

¹² Chatas são embarcações utilizadas para transporte de cargas pesadas. Podem ser acopladas umas às outras formando uma embarcação ainda maior que é movimentada por um empurrador.

Rota 3: A safra deixa Sorriso e segue até o porto de Paranaguá (PR), exclusivamente por modal rodoviário nos 2.107 km, posteriormente é embarcada para Rotterdam, 10.429 km.



4.2.1 Especificações para cada modal aplicado as rotas analisadas

- **Modal rodoviário**

Para o consumo de combustível por quilômetro foi tomada a média de 2,7 km/litro, considerando um caminhão bi-trem com carga máxima permitida por lei de 37 toneladas – dados adotados após entrevistas com caminhoneiros da região.

- **Modal ferroviário**

As locomotivas brasileiras que transportam *commodities* utilizam óleo diesel em seus motores diesel-elétrico. No presente trabalho será considerado o consumo da locomotiva e tipo de vagão que normalmente é carregado nas ferrovias em questão, Ferronorte S.A. e Ferrobán S.A. Ambas são ferrovias de bitola larga¹³, as composições graneleiras possuem, normalmente, 2 locomotivas e 80 vagões que carregam 100 toneladas cada.

O consumo de combustível da composição ferroviária foi estimado em 3,3 l/1000t.km (toneladas úteis) (MCT, 2008). Ou seja, para se transportar 8.000t por 1.400 km tem-se que multiplicar $3,3 \times 8 \times 1400 = 36.900$ l por viagem. O consumo total das 23 viagens, neste caso, ficará em $36.900 \times 23 = 850.080$ l.

- **Modal aquaviário**

Hidroviário

Cada comboio tipo contém 16 chatas, com 2 mil toneladas de capacidade cada. Portanto, 32 mil toneladas por comboio. O consumo foi estimado em 2,8l/1000t*km através de pesquisas em concessionárias hidroviárias. Portanto, $2,8 \times 32.000 \times 1056 = 94.618,6$ l por viagem e 567.712 l no total.

Marítimo

O navio tipo utilizado será o Panamax graneleiro com capacidade para 60 mil toneladas.

O consumo sugerido pelo IPCC de combustível para grandes navios graneleiros é de 33,8 toneladas/dia e o consumo à carga total (em tonelada/dia) em função de tonelada carregada (GRT) é de $20,186 + 0,00049 \times \text{GRT}$. Portanto, $20,186 + 0,00049 \times 60.000 = 49,586$ ton/dia. Valor que pode ser aproximado a $49,586 \text{ m}^3/\text{dia}$ de óleo combustível.

O GEIPOT em pesquisa sobre corredores estratégicos de escoamento de soja do ano de 2000 contabilizou 16 dias de viagem para todas as rotas mencionadas neste trabalho (vide Anexo1), desde sua fonte até Rotterdam. Fazendo uso de uma visão pessimista de que o trajeto marítimo levaria por si só 16 dias, pode-se estimar a média de consumo total em $793,38 \text{ m}^3$ de *bunker* para todas as rotas estudadas.

¹³ As bitolas mais comumente utilizadas no Brasil são bitola métrica (1,00 metro de largura), bitola larga (1,60 metro de largura) e bitola internacional (1,435 metro de largura). Quanto menor a bitola menor a capacidade de carga do vagão.

4.2.2 Cálculos

As tabelas com os cálculos das emissões são apresentadas a seguir, por rota.

As Tabelas 5, 6 e 7 fornecem o número de viagens e consumo por viagem seguido do total de combustível por trecho de modal. Ressalta-se que não houve o somatório pois o combustível muda de diesel para óleo combustível em modal aquaviário. As emissões totais são mostradas em giga gramas de carbono (GgC), unidade adotada pelo IPCC, equivalente a bilhões de gramas ou milhares de toneladas. A metodologia de cálculo foi a mesma apresentada no item 3.3.2 deste trabalho, *top-down*.

Tabela 5: Série de cálculo de emissões na Rota 1 via Itacoatiara.

Rota 1 - Itacoatiara								
trecho 1 - rodoviário			trecho 2 - hidroviário			trecho 3 - marítimo		
distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]	distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]	distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]
1450	2,7	537,04	1056	0,02	52,8	8549	.	793380
safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens
180000	37	4865	180000	32000	6	180000	60000	3
total diesel trecho 1 [l]			total óleo combustível trecho 2 [l]			total óleo combustível trecho 3 [l]		
2612699,6			316800			2380140		
conversão unidade comum [TJ]	conteúdo carbono [GgC]	emissões reais carbono [GgC]	conversão unidade comum [TJ]	conteúdo carbono [GgC]	emissões reais carbono [GgC]	conversão unidade comum [TJ]	conteúdo carbono [GgC]	emissões reais carbono [GgC]
95,136	1,922	1,9	12,7	0,268	0,265	95,457	2,01	1,99
emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]		
6,97			0,973			7,31		
Emissões totais CO2 Rota 1 - Itacoatiara = 15,25 GgC								

Tabela 6: Série de cálculo de emissões na Rota 2 via Santos.

Rota 2 - Santos								
trecho 1 - rodoviário			trecho 2 - ferroviário			trecho 3 - marítimo		
distância	rendimento	consumo	distância	rendimento	consumo [l]	distância	rendimento	consumo
[km]	[km/l]	[l]	[km]	[km/l]		[km]	[km/l]	[l]
756	2,7	280	1400	.	36900	10123	.	793380
safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens
180000	37	4865	180000	8000	23	180000	60000	3
total diesel trecho 1 [l]			total óleo combustível trecho 2 [l]			total óleo combustível trecho 3 [l]		
1362200			850080			2380140		
conversão	conteúdo	emissões	conversão	conteúdo	emissões	conversão	conteúdo	emissões
unidade	carbono	reais	unidade	carbono	reais	unidade	carbono	reais
comum [TJ]	[GgC]	carbono [GgC]	comum [TJ]	[GgC]	carbono [GgC]	comum [TJ]	[GgC]	carbono [GgC]
49,6	1,002	0,992	30,95	0,625	0,619	95,457	2,01	1,99
emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]		
3,637			2,269			7,31		
Emissões totais CO2 Rota 2 - Santos = 13,2 GgC								

Tabela 7: Série de cálculo de emissões na Rota 3 via Paranaguá.

Rota 3 - Paranaguá					
trecho 1 - rodoviário			trecho 2 - marítimo		
distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]	distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]
2107	2,7	780,4	10123	.	793380
safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens
180000	37	4865	180000	60000	3
total diesel trecho 1 [l]			total óleo combustível trecho 3 [l]		
3796646			2380140		
conversão unidade comum [TJ]	conteúdo carbono [GgC]	emissões reais carbono [GgC]	conversão unidade comum [TJ]	conteúdo carbono [GgC]	emissões reais carbono [GgC]
138,25	2,79	2,765	95,457	2,01	1,99
emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]		
10,137			7,31		
Emissões totais CO2 Rota 3 - Paranaguá = 17,45 GgC					

4.2.3 Comparações com rotas alternativas

Na pesquisa do GEIPOT 2000 (Ministério dos Transportes), de situação atual e futura de escoamento de soja, há o estudo de previsão de rotas. Isso é, qual a tendência do escoamento - dadas às projeções de produção. Esta referida pesquisa coloca como ponto central o canal logístico Sorriso – Santarém – Rotterdam tanto em sua vertente rodoviária como multimodal¹⁴.

Com o objetivo de simular resultados e propostas mais próximos possíveis da realidade, dado que estas novas rotas fazem parte de um futuro breve, apresenta-se, através das Tabelas 8 e 9, os cálculos de emissões para estas rotas alternativas.

Em contraponto às rotas anteriores, estas possuem o mesmo sentido (norte) e o mesmo porto (Santarém), diferenciam-se apenas pelo modal logístico.

Rota 4: A safrá segue por modal rodoviário de Sorriso até o porto de Santarém, pela BR163, a 1.348 km de distância. Lá, é embarcada para Rotterdam num percurso de 7.991 km.

Rota 5: A safrá percorre 713 km, em rodovia, até o terminal hidroviário de Cachoeira Rasteira, no Rio Teles Pires, que formará o Rio Tapajós. Segue pelos próximos 1.043 km até Santarém onde é transbordada para os navios de longo curso com destino a Rotterdam, 7.991 km distante. Têm-se que o comboio-tipo da hidrovia Tapajós-Teles Pires é um empurrador com 4 chatas. Desta forma, a mesma possui a capacidade de carregar 16 mil toneladas por comboio

¹⁴ Estas rotas são ditas alternativas pois a infra-estrutura atual não permite o seu uso em larga escala. Tanto no que diz respeito a estradas trafegáveis quanto portos e estações de transbordo.

Tabela 8: Série de cálculo de emissões na Rota 4 via Santarém rodoviário.

Rota 4 - Santarém RODO					
trecho 1 - rodoviário			trecho 2 - marítimo		
distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]	distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]
1348	2,7	500	7991	.	793380
safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens
180000	37	4865	180000	60000	3
total diesel trecho 1 [l]			total óleo combustível trecho 3 [l]		
2432500			2380140		
conversão	conteúdo	emissões	conversão	conteúdo	emissões
unidade	carbono	reais	unidade	carbono	reais
comum [TJ]	[GgC]	[GgC]	comum [TJ]	[GgC]	[GgC]
88,57	1,79	1,77	95,457	2,01	1,99
emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]		
6,495			7,31		
Emissões totais CO2 Rota 4 - Santarém RODO = 13,805 GgC					

Tabela 9: Série de cálculo de emissões na Rota 5 via Santarém hidroviário.

Rota 5 - Santarém HIDRO								
trecho 1 - rodoviário			trecho 2 - hidroviário			trecho 3 - marítimo		
distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]	distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]	distância [km]	rendimento [km/l]	consumo [l]
713	2,7	264	1043	0,02	52150	7991	.	793380
safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens	safra [ton]	capacidade carga [ton]	número viagens
180000	37	4865	180000	16000	12	180000	60000	3
total diesel trecho 1 [l]			total óleo combustível trecho 2 [l]			total óleo combustível trecho 3 [l]		
1284720,4			625800			2380140		
conversão	conteúdo	emissões	conversão	conteúdo	emissões	conversão	conteúdo	emissões
unidade	carbono	reais	unidade	carbono	reais	unidade	carbono	reais
	carbono	carbono		carbono	carbono		carbono	carbono
comum [TJ]	[GgC]	[GgC]	comum [TJ]	[GgC]	[GgC]	comum [TJ]	[GgC]	[GgC]
46,78	0,945	0,935	25,1	0,53	0,524	95,457	2,01	1,99
emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]			emissões reais de CO2 [GgC]		
3,43			1,92			7,31		
Emissões totais CO2 Rota 5 Santarém HIDRO = 12,66 GgC								

A alternativa de maior consumo energético é a totalmente rodoviária, tanto entre as rotas atuais quanto entre as alternativas, comparativamente. São, portanto, as que mais contribuem com emissões atmosféricas de CO₂.

A plena utilização dos corredores hidro e ferroviários asseguram uma vantagem competitiva que só não é maior devido às grandes extensões rodoviárias percorridas, que são sempre superiores a 700km, o que reduz a vantagem do menor consumo energético, embora seja favorecida pela contribuição dada pelas pernadas hidro e ferroviária, superiores a 1000km – Rotas 1 e 2, respectivamente.

Considera-se a Rota 2 a mais eficiente. Tanto ambiental quanto economicamente. Pesquisas do GEIPOT (Anexo1) orçaram em U\$ 74/ton o custo da Rota 2. E,

respectivamente, U\$ 77/ton e U\$ 79/ton, Rotas 1 e 3. Vê-se, claramente, a ligação entre valores de emissões e despesas com fretes. Quanto menor as emissões, menor o gasto energético, conseqüentemente, menor o custo.

A Rota 5, via Santarém hidroviário, é a que efetivamente emite menos CO₂. Porém, ainda não está em uso por conta dos licenciamentos ambientais de suas obras de infraestrutura. Só não emite ainda menos pois os comboios têm a metade da capacidade dos comboios do Rio Madeira (devido ao traçado natural do rio) e seu custo estimado é de US\$59/ton.

Cabe ressaltar, novamente, que ambas opções alternativas não são, ainda, comumente utilizadas. Isto ocorre devido a obras de infraestrutura não finalizadas, mas que são pontos do atual PAC – Plano de Aceleração do Crescimento. Estas obras já são discutidas desde 1997 e, por diversas vezes, foram descontinuadas, seja por falta de investimentos financeiros ou por impactos ambientais e sociais. Tanto a Hidrovia Tapajós-Teles Pires quanto a BR163 (Cuiabá-Santarém) situam-se em terras indígenas na região amazônica. Este trabalho foca o impacto da poluição atmosférica na atividade de escoamento da produção da soja mato-grossense. Debates a respeito do impacto ambiental das obras em si são imprescindíveis, mas não serão aqui abordados.

5 Conclusões

Há um consenso cada vez maior de que a perenidade do negócio depende de uma gestão baseada no equilíbrio dos aspectos econômicos, sociais e ambientais. As corporações descobriram a diferença entre o seu valor de mercado e o seu valor contábil, que o primeiro se associa à reputação, credibilidade, integridade, fidelidade do consumidor, capital intelectual, gestão dos riscos e responsabilidade sócio-ambiental – estes que são seus bens intangíveis, que estão diretamente ligados ao valor futuro de suas ações.

Operadores logísticos estão procurando equilibrar meio ambiente e lucratividade. Está se tornando aceitável dentro da indústria a adoção de indicadores ambientais. Às vezes reduzindo custos, mas mais frequentemente por benefícios intangíveis como imagem e reputação. É nesta situação que as pesquisas em *Green Logistics* vem somar soluções juntamente a sistemas de gestão como ISO 14.000.

O levantamento de inventários corporativos devem ter especial atenção para com o transporte. Esta atividade que concentra-se, primordialmente, externa aos muros das empresas mas que podem possuir grande peso na análise de ciclo de vida de um produto.

O empreendedor que faz anualmente seu inventário de emissões e que venha a optar por um modal menos emissor de GEE ou que faça uso de combustíveis renováveis ou, ainda, qualquer outra ferramenta de redução de emissões pode utilizar desses créditos de carbono para venda ou ainda como crédito próprio numa situação de crescimento da empresa.

A simulação do escoamento de uma safra de soja proporcionou um *overview* sobre a problemática da região: rica, significativa no PIB brasileiro, carente em infra-estrutura de transportes, com grandes perspectivas de aumento de produção e, finalmente, com diversas externalidades ambientais. Discutiu-se, neste trabalho, apenas uma destas externalidades, a emissão de gás carbônico, através do estudo de caso comparativo no transporte da soja do Mato Grosso a Rotterdam.

O modal hidroviário se mostrou o menos poluente em função da quantidade de carga e distâncias percorridas. No entanto, está engessado ao traçado do rio. Mas é competitivo quando a variável tempo não possui grande peso de decisão, como neste caso com o transporte de *commodities*.

As Rota 2, ferroviária via Ferroban e Ferronorte, é francamente utilizada tanto no transporte de soja quanto por outros produtos de baixo valor agregado. O modal ferroviário mostrou ser um sistema de transporte competitivo economicamente, com baixo dispêndio energético e consequente baixo nível de emissões de dióxido de carbono.

É pelos motivos acima que o mundo de hoje, especialmente o Brasil com sua vasta extensão, tem o dever de explorar ao máximo as potencialidades dos modais de transportes com maior eficiência energética, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis, para assim reduzir a poluição e o efeito estufa, causadores do aquecimento global.

6 Referências Bibliográficas

ANTAQ Agência Nacional Transportes Aquáticos. Disponível em: <www.antaq.gov.br>, acessado em fevereiro de 2008.

ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <www.antt.gov.br>

ATC Associação dos Transportadores de Cargas do Mato Grosso. Disponível em: <www.atc.org.br> acessado em janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 2008.

CAIXETA FILHO, J.V. *Agronegócio Brasileiro: perspectivas, desafios e uma agenda para seu desenvolvimento*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ/USP, Piracicaba. 2006.

CELSO, B. *Análise Comparativa da Eficiência entre as Espécies Florestais Pinus taeda e Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze no Seqüestro de CO₂ em Reflorestamento da Região Sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Engenharia Ambiental, FURB, Blumenau, 2006.

GEIPOT Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes. *Corredores Estratégicos de Desenvolvimento*, 2001.

GELOG – Grupo de Estudos Logísticos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Apostila Interna, 2006.

GORE, Al. *Uma Verdade Inconveniente*. Editora Manole, 2006.

Green Logistics. Disponível em <www.greenlogistics.org>. Acessado em janeiro de 2008.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Agrícola Municipal de Cereais, Leguminosas e Oleaginosas*. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal, 2006. Disponível em <www.ibge.gov.br>.

IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Japão, 2006.

IPCC *Mudança do Clima 2007: a Base das Ciências Físicas. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima*. Sumário para os Formuladores de Políticas. Paris, 2007.

IVIG Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.ivig.coppe.ufrj.br> . Acesso em: 10 de novembro de 2007.

LEÓDIDO, L. M. *Desenvolvimento de Métodos e Meios para a Calibração Dinâmica de Transdutores de Gases de Efeito Estufa*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MATTOS, L. B. R. *A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases de Efeito Estufa – O Caso do Município do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MCT. *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF. 2006

MME. *BEN - Balanço Energético Nacional 2000, ano base 1999*. Ministério das Minas e Energia, Brasília, DF.

MME. *Plano Nacional de Energia 2030*. Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Brasília : MME : EPE, 2007.

PROTOCOLO DE QUIOTO. *Protocolo de Quioto à Convenção sobre Mudança do Clima*. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores. Brasil, 1999.

REIS, T. V. M. *Emissões de Gases de Efeito Estufa no Sistema Interligado Nacional: metodologia para definição de linha de base e avaliação do potencial de redução das*

emissões do PROINFRA. Dissertação de Mestrado, Universidade de Salvador, Salvador, 2002.

RODRIGUES, P.R.A. *Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e na Logística Internacional*. São Paulo: Aduaneiras, 2004.

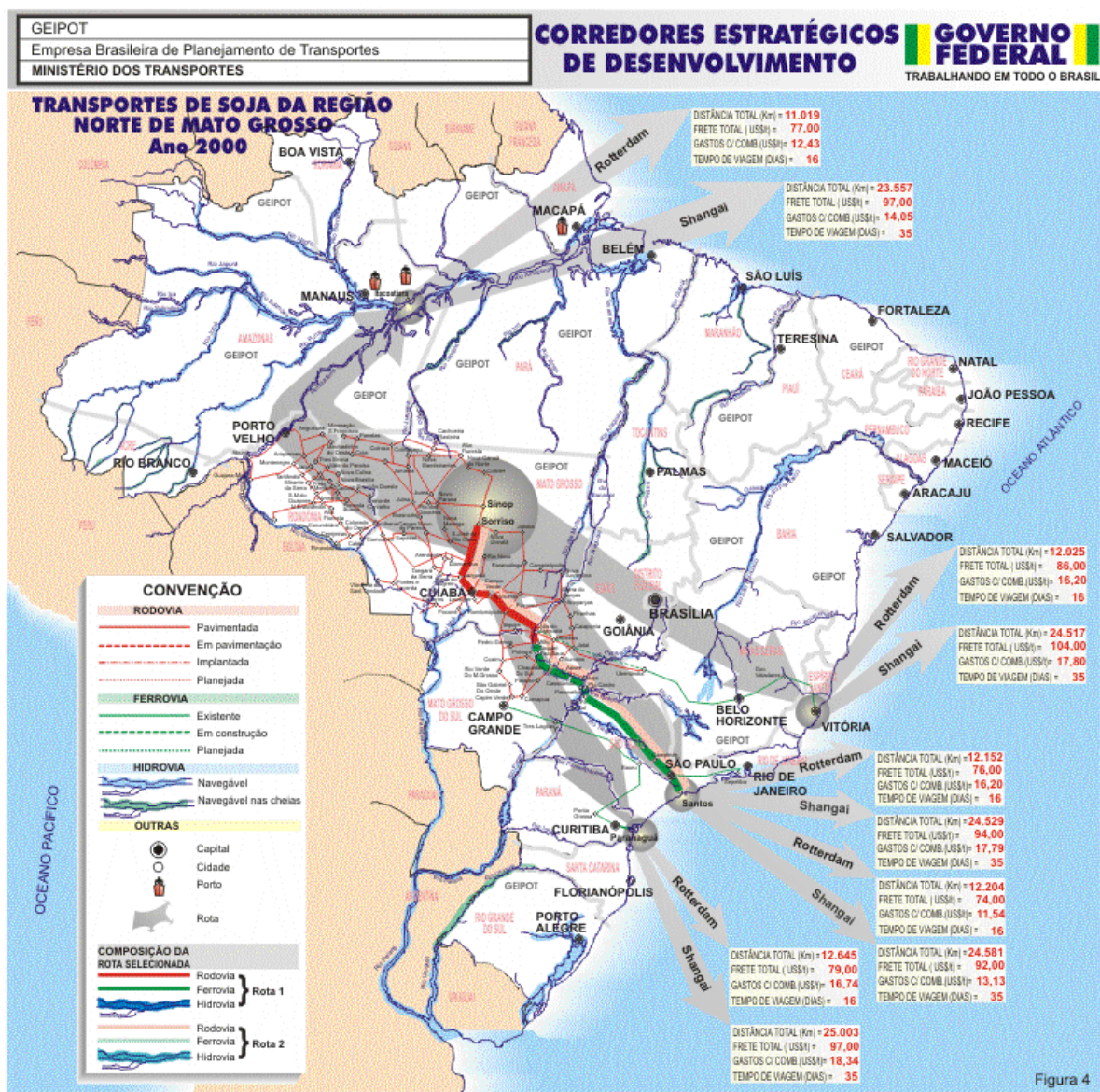
SCHIPPER, L & MARIE-LILLIU, C 1999. *Transportation and CO₂ emissions: Flexing the Link – path for the World Bank*. Washington, DC: The World Bank Environment Department and The Transport, Water and Urban Unit (Climate changes Series).

SCHNEIDER, S.H. (1998) *Laboratório Terra: o jogo planetário que não podemos nos dar ao luxo de perder*. Rio de Janeiro, Rocco.

UNFCCC - *United Nations Framework of Climate Change Convention* (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – CQMC), Protocolo de Quioto. 2 ed. Brasília: MCT, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1 – Pesquisa GEIPOT, 2000. Ministério dos Transportes.



MODO UTILIZADO	RODOVIA	FERROVIA	HIDROVIA	LONGO CURSO	EXTENSÃO TOTAL (km)	CUSTO DE TERMINAL (1) US\$/t	FRETE TOTAL (2) US\$/t
ROTA	Extensão(km)	Frete US\$/t	Extensão(km)	Frete US\$/t	Extensão(km)	Frete US\$/t	
Sorriso – Porto Velho – Itacoatiara – Rotterdam	1.414	38,00			1.056	14,00	11.019
Sorriso – Uberlândia – Vitória – Rotterdam	1.394	35,00	1.456	23,00			12.025
Sorriso – Alto Taquari – Santos – Rotterdam (Alternativa 1)	819	23,00	1.262	20,00			12.204
Sorriso – Santos – Rotterdam (Alternativa 2)	2.029	48,00					12.152
Sorriso – Ponta Grossa – Paranaguá – Rotterdam (Alternativa 1)	1.977	45,00	239	5,00			12.645
Sorriso – Paranaguá – Rotterdam (Alternativa 2)	2.179	52,00					12.608

Fontes: SIFRECA, ESALQ – USP e Pesquisa de Campo – GEIPOT.

(1) Valor total de transbordo.

(2) Valor total na rota.

ANEXO 2 – Pesquisa GEIPOT, 2000. Ministério dos Transportes.

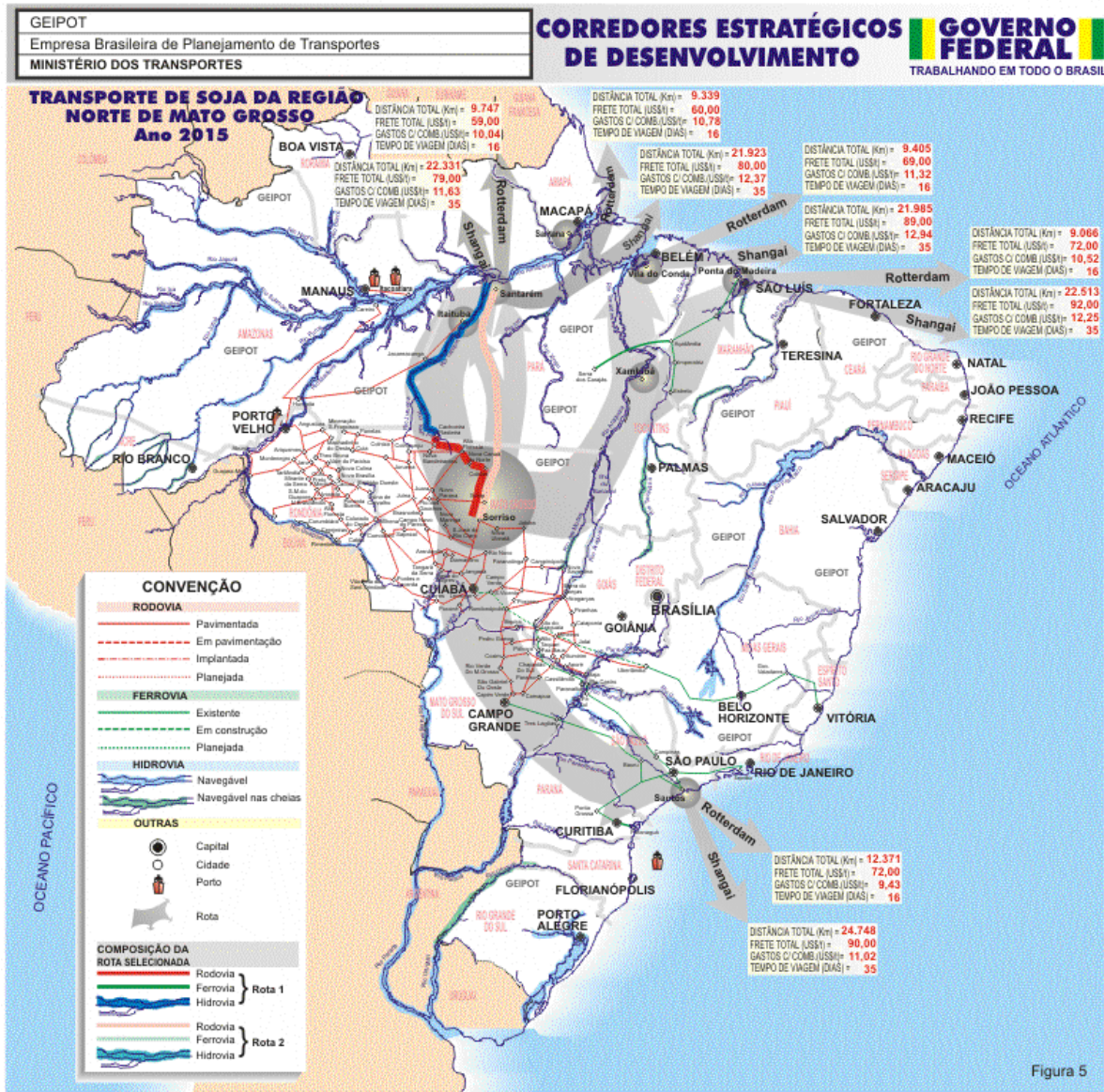


Figura 5